

УДК 621.31

## ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДЛЯ МИКРОГРИДА

Устюжанина А.С., студентка гр. ЭПм-241, I курс

Научный руководитель: Паскарь И.Н., старший преподаватель

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

За 2024 год по сравнению с предыдущим рост энергопотребления составляет около 3,1%, согласно данным Системного Оператора [2]. В результате возникает потребность в увеличении количества вырабатываемой электроэнергии.

Одним из перспективных направлений развития энергетики по увеличению вырабатываемой электрической энергии для населения является распределенная генерация (РГ). РГ – основа перехода от традиционной энергетики к системам, использующим альтернативные источники энергии, а также к интеллектуализации данных систем энергоснабжения, которые включают активных потребителей. В случае, если установок микрогенерации несколько, и они образуют сообщество, то это – микроэнергосистема.

Благодаря Постановлению Правительства от 02.03.2021 г. №299 объекты микрогенерации теперь могут выдавать произведенную электроэнергию (ЭЭ) в сеть по тому же тарифу, по которому ее покупают. Однако для передачи энергии в сеть необходимо осуществить технологическое присоединение.

Технологическое присоединение – присоединение к общим сетям электроснабжения, осуществляемое энергосетевой компанией за определенную плату. Технологическое присоединение объектов микрогенерации к сети можно осуществить только для установок напряжением не более 1 кВ. Для отпуска ЭЭ в сеть необходимо установить также двухнаправленный счетчик, обратившись к своей энергосетевой компании. Однако такое подключение возможно только для владельцев частных домов, для тех, кто живет в квартире, это будет невозможно. Двухнаправленный счетчик фиксирует не только то, сколько электроэнергии было куплено потребителем, но и количество ЭЭ, отданной в сеть личной электростанцией потребителя.

Объект микрогенерации – это источник электрической энергии, который принадлежит потребителю на законном основании, установленной мощностью меньше или равной 15 кВт.

Стоимость технологического присоединения (ТП) может варьироваться, в зависимости от наличия мероприятий «последней мили», количества точек учета и так далее.

Исходя из этого, прежде чем считать стоимость ТП нужно определиться с тем, какой длины будут воздушные и кабельные линии, территорией (регионом), на которой планируется создание микроэнергосистемы, а также количество точек учета (количество домохозяйств). [3]

Исходя из вышеуказанного был составлен алгоритм расчета срока окупаемости и чистого дисконтированного дохода (ЧДД) в зависимости от количества точек учета. В алгоритме учтены все пункты и этапы, включая выбор генерирующего и вспомогательного оборудования, вид генерации и территориальные особенности потребителя (высокая или низкая инсоляция, скорость ветра и т.д.), так как эти показатели являются решающими в определении вида генерации.

Для микрогрида ТП рассчитывается по формуле:

$$P = C_1 + \sum_i (C_{2,i} * L_{2,i}) + \sum_i (C_{3,i} * L_{3,i}) + C_{8,i} * q',$$

где  $P$  – плата за технологическое присоединение,  $C_1$  – стандартизированная тарифная ставка на покрытие расходов по технологическому присоединению энергопринимающих устройств потребителей электроэнергии, объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам,  $C_{2i}$  – сумма расходов и произведения стандартизированной тарифной ставки на покрытие расходов сетевой организации на строительство воздушных линий или кабельных ( $C_{3i}$ ), руб/км;  $L_{2i}$  – протяженность воздушных линий электропередачи, км;  $L_{3i}$  – протяженность кабельных линий электропередачи, км;  $C_{8i}$  – стоимость средства коммерческого учета электрической энергии, рублей за точку учета;  $q'$  – количество точек учета.

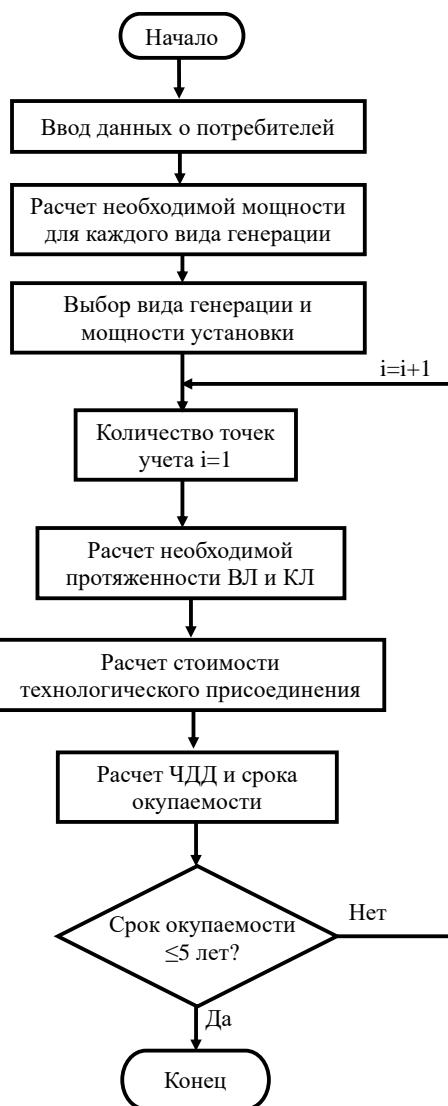


Рис. 1 Блок-схема алгоритма расчета ЧДД в зависимости от количества точек учета

Значения стандартизированной тарифной ставки, суммы расходов и произведения стандартизированной тарифной ставки и так далее могут варьироваться в зависимости от территории, на которой планируется делать технологическое присоединение.

Для Кемеровской области-Кузбасса:

- $C_1$  – 13950 руб/км (0,4 кВ и ниже),
- $C_{2i}$  (0,4 кВ и ниже) – 1269932,47 руб/км,
- $C_{3i}$  (0,4 кВ и ниже) – 2270170,06 руб/км – кабельные линии,
- $C_{8i}$  – 16017,59 руб (за каждую точку учета),
- $q'$  – количество точек учета,
- $L_{2i}$  – протяженность воздушных линий электропередачи, км,
- $L_{3i}$  – протяженность кабельных линий электропередачи, км.

В качестве примера рассчитаем стоимость технологического присоединения для населенного пункта, где 150 частных домов и протяженность кабельных линий около 100 м, а воздушных – 500 м. Тогда стоимость технологического присоединения рассчитывается, как стоимость мероприятий по технологическому присоединению, рассчитанная с применением стандартизованных тарифных ставок, если заявитель не подходит под льготные условия. Тогда стоимость технологического присоединения составит: 891 950,95 руб. В случае, если каждое домохозяйство платит свою часть, то 5946,34 руб. с одного потребителя. Чем больше количество потребителей, тем выше стоимость технологического присоединения для микрогрида. Зависимость стоимости технологического присоединения от количества точек учета линейная.

Рассчитаем точку безубыточности для сообщества частных домохозяйств, которые объединены в микроэнергосистему, меняя количество подключенных к общей сети потребителей.

Для оценки энергоэффективности рассматриваемой солнечной электростанции для снабжения потребителя выполняется расчет чистого дисконтированного дохода (NPV) и срока окупаемости (PP):

$$NPV = \sum_{n=1}^N \frac{CF_n}{(1+i)^n} - CAPEX,$$

где  $NPV$  – чистый дисконтированный доход;  $CF_n$  – денежный поток за  $n$ -ый год (за срок службы установок: СЭС ~ 20 лет, ВЭС ~ 25 лет, микро-ГЭС ~ 20 лет);  $CAPEX$  – вложенный инвестиционный капитал, который складывается из покупки всего оборудования, суммы технологического присоединения;  $N$  – продолжительность проекта, лет (за срок службы установок: СЭС ~ 20 лет, ВЭС ~ 20 лет, микро-ГЭС ~ 20 лет);  $i$  – ставка дисконтирования, принятая на уровне 7,5%, исходя из уровня риска подобных проектов (2,9%) и уровня инфляции на 2024 год (9,2%).

Срок окупаемости рассчитывается по формуле:

$$PP = \sum_{i=1}^n CF_n > CAPEX$$

Так определяется момент времени, когда доход от вложений окажется равным затратам, то есть достигается точка безубыточности.

Примем, что в данном населенном пункте установлены солнечные панели, которые вырабатывают 10 кВтч/сутки и произведем расчеты экономических показателей (табл. 1). Параметры точки учета следующие:

- установленная мощность: 1 кВт;
- среднее количество потребляемой электроэнергии: 10 кВт·ч/сутки;

- максимальное количество точек учета: 150
- напряжение: до 1 кВ;

Таблица 1

Зависимость чистого дисконтированного дохода от количества точек учета

Количество точек учета	NPV, руб.	PP, лет
1	-823 740,67 ₽	54,35
2	-385 773,99 ₽	28,91
3	-239 785,10 ₽	20,28
4	-166 790,65 ₽	15,86
5	-122 993,98 ₽	13,13
6	-93 796,20 ₽	11,25
7	-72 940,65 ₽	9,86
8	-57 298,98 ₽	8,78
9	-45 133,24 ₽	7,91
10	-35 400,65 ₽	7,19
15	-6 202,87 ₽	5,87
20	8 396,02 ₽	5,12
25	17 155,36 ₽	4,61
30	22 994,91 ₽	4,22
35	27 166,02 ₽	3,90
40	30 294,36 ₽	3,64
45	32 727,50 ₽	3,40
50	34 674,02 ₽	3,19
55	36 266,63 ₽	3,00
60	37 593,80 ₽	2,83
65	38 716,79 ₽	2,67
70	39 679,36 ₽	2,53
75	40 513,58 ₽	2,39
80	41 243,52 ₽	2,27
85	41 887,59 ₽	2,15
90	42 460,10 ₽	2,03
95	42 972,34 ₽	1,93
100	43 433,36 ₽	1,83
105	43 850,47 ₽	1,74
110	44 229,66 ₽	1,65
115	44 575,88 ₽	1,57
120	44 893,25 ₽	1,49
125	45 185,22 ₽	1,41
130	45 454,74 ₽	1,34
135	45 704,29 ₽	1,28
140	45 936,02 ₽	1,21

145	46 151,77 ₽	1,15
150	46 353,13 ₽	1,10

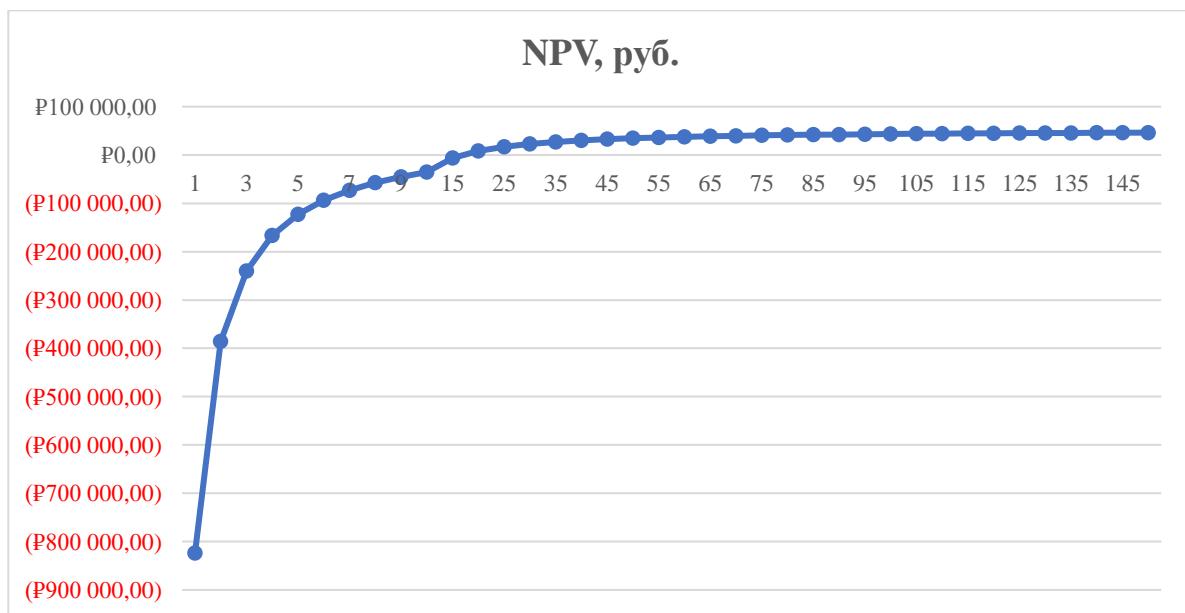


Рис. 3 NPV, зависящий от количества точек учета

Точка безубыточности достигается при значении в 19 точек учета.

Таким образом, были получены экономическая оценка зависимости срока окупаемости установки микрогенерации в микросети с учетом технологического присоединения от количества точек учета, блок-схема алгоритма такого экономического расчета (рис.3). В результаты, получены значения оптимального количества точек учета для достижения окупаемости проекта технологического присоединения объекта микрогенерации.

### Список литературы

1. ФАС Приказ от 25.05.2022 го<sup>да</sup> №412/22 [Электронный ресурс]  
URL: <https://docs.cntd.ru/document/350962809>
2. Системный оператор. Энергопотребление в России в 2024 году увеличилось на 3,1% [Электронный ресурс] URL: <https://www.so-ups.ru/news/press-release/press-release-view/news/26552/>
3. Тинькофф. Сколько стоит подключить частный дом к электросетям в 2024 году. [Электронный ресурс] URL: <https://t-j.ru/news/new-3000/#two>
4. Устюжанина А.С., Паскарь И.Н. Р2Р-рынок как способ взаимодействия объектов микрогенерации // Экономика и управление инновациями. 2024. № 4 (31). С. 84-95. DOI: 10.26730/2587-5574-2024-4-84-95, EDN: SZRJPД